
РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО ТА ГЕОДИНАМІЧНОГО СТАНІВ В ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕГІОНАХ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

Ігнатишин Василь

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-714-7-40>

ВСТУП

Природничі дисципліни відіграють важливу роль у загальноосвітньому процесі, зокрема знання з географії, фізики, біології, природознавства, хімії, екології є важливими у формуванні світогляду сучасної молоді.

Для вивчення предметів природничого спрямування, зокрема географії, фізики, екології, важливе застосування сучасних педагогічних методик і технологій, досягнень сучасної науки та техніки. Важливість використання нових засобів у викладанні природничих наук полягає у створенні інноваційних напрямів для досягнення поставлених педагогічних завдань. Проводиться пошук підвищення ефективності викладання цих предметів згідно з основними напрямками програм природничих наук. У розділі представлено приклад проведення та використання досліджень географічних процесів у регіоні в навчально-виховному процесі, зокрема під час проведення занять гуртків позашкільної освіти з географії, гідрології, екології, фізики. **Метою роботи** є представлення алгоритму вивчення проблем екологічного стану Закарпаття на основі моніторингу природних процесів, використання результатів цих досліджень у навчально-виховному процесі під час вивчення предметів природничого спрямування. **Об'єкт дослідження** в розділі – географічні процеси, гідрологічний стан регіону, сейсмічний стан регіону та геодинамічний стан регіону; педагогічні аспекти вивчення природних явищ. **Предметом дослідження** є сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, сейсмічний стан Карпатського регіону, варіації параметрів гідрологічного стану центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину, методичні аспекти використання отриманих результатів досліджень у навчально-виховному процесі загальноосвітньої школи та підготовки учнями

науково-дослідницьких робіт на різноманітні конкурси із природничих наук. **Методика дослідження** полягає в аналізі наукової літератури згідно з тематикою роботи; метод аналізу синтезу, кореляційний аналіз, графічні методи. Для досягнення поставленої мети було використано результати режимних геофізичних, геодинамічних, гідрологічних спостережень у Закарпатському внутрішньому прогині, проведених на пунктах режимних геофізичних спостережень, на пунктах деформометричних спостережень Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики імені С. І. Субботіна НАН України за 2024 рік.

1. Деякі особливості базової географічної освіти на сучасному етапі та перспективи її розвитку

Д. Мальчикова та К. Мезенцев зазначають, що аналіз трансформації стандартів базової географічної освіти в Україні й зарубіжних країнах та їхнього впливу на формування публічного іміджу географії у XXI ст. засвідчує суттєві відмінності в суспільному сприйнятті географії як науки, освітньої галузі та сфери кар'єрних можливостей. Упровадження в освітній процес таких підходів до навчання, що стимулюватимуть зацікавленість актуальними місцевими, регіональними, міжнародними проблемами, створює фундамент ухвалення рішень на основі розуміння геопростору та взаємозв'язків у ньому¹. Л. Руденко та співавтори запропонували шляхи подолання кризи в освітянській і науковій сферах України, зокрема перехід на Європейську систему викладання в закладах вищої освіти, посилення ролі та значення вивчення географії в середній школі як предмета, що формує світоглядне системне мислення в молодого покоління². А. Сергєєва та співавтори зазначили, що одним із найважливіших завдань, що вирішуються у процесі модернізації шкільної географічної освіти, є інтеграція знань учнів про природу та суспільство. У сучасних умовах рекомендується приділяти особливу увагу регіонально-географічній складовій частині змісту та реалізації комплексного регіонально-географічного підходу. Раніше зміст шкільної географії в Казахстані розглядався на основі всебічного й комплексного країнознавства. Нині країнознавча освіта у школі має соціально-економічний і геополітичний характер. Нова навчальна програма для учнів має виражений акцент на

¹ Мальчикова Д., Мезенцев К. Публічний імідж географії в контексті трансформації стандартів базової середньої освіти: досвід України і світу. *Український географічний журнал*. 2022. № 1. С. 53–63. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-1-2022_53-63.pdf

² Руденко Л., Заячук М., Лісовський С., Маруняк Є., Муніч Н., Пересадько В., Пономаренко О. Військова агресія Росії в Україні та її наслідки для географічної освіти і науки. *Український географічний журнал*. 2022. № 4. С. 4–12. [Англійською мовою]. DOI: 10.15407/ugz2022.04.004.4

математичне моделювання та дослідницьку діяльність³. А. Дронова та співавтори показали, що географічна наука недостатньою мірою відповідає сучасним запитам суспільства на географічні відомості та географічні знання. Реформування вітчизняної науки й освіти ставить перед географами низку нових проблем, а новітня інформаційно-технологічна революція поряд із новими технічними можливостями позначає все нові, більш складні запити на географічну інформацію. У країнах ЄС географія відіграє необхідну роль у розробленні планів організації, бізнес-моделей у таких сферах, як регіональний і місцевий розвиток, планування та розвиток міст і громад, управління ризиками надзвичайних ситуацій⁴.

2. Аналіз публікацій із висвітлення проблем геодинамічних сейсмологічних і географічних процесів у регіоні

Проведено огляд публікацій щодо зв'язку географічних процесів з екологічними проблемами. А. Семергей-Чумаченко та Р. Озимко зазначили, що проблема глобальних кліматичних змін не тільки стосується питання потепління, а й охоплює тенденції нерівномірного випадання опадів і, відповідно, збільшення частоти й екстремальності стихійних метеорологічних явищ, серед яких – сильні опади та зливи⁵. О. Скриник і співавтори показали, що локальні фізико-географічні особливості місцевості мають деякий вплив на її клімат, існують статистично значущі кореляційні зв'язки між фізико-географічними характеристиками місцевості, як, наприклад, абсолютна висота над рівнем моря, експозиція схилів гірських масивів, відстань до берегової лінії, географічні координати (широта та довгота), та кліматологічними величинами⁶. Важливо мати інформацію про сейсмотектонічні процеси в регіоні, які є визначальними у формуванні екологічного стану регіону. Д. Малицький та співавтори запропонували методіку, що дозволяє визначити вогнищевий механізм землетрусу за допомогою даних невеликої кількості станцій, особливо в регіонах з відносно низьким рівнем локальної сейсмічної активності, до

³ Сергеева А. Есембек С., Абдулліна А., Баубекова Г. Аналіз змісту розділу «Країнознавство» оновленої шкільної навчальної програми з географії в Казахстані. *Український географічний журнал*. 2023. № 2. С. 60–70. [Англійською мовою]. DOI: 10.15407/ugz2023.02.060

⁴ Дронова О., Маруняк Є., Руденко Л., Толчів О. Імідж і місія географічної науки в Україні. *Український географічний журнал*. 2023. № 3. С. 3–11. [Українською мовою].

⁵ Семергей-Чумаченко А., Озимко Р. Сильні дощі та зливи в Закарпатській області як стихійні метеорологічні явища (1999–2018 роки). *Український географічний журнал*. 2019. № 4. С. 11–17. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2019-4_11-17.pdf

⁶ Скриник О., Осадчий В., Сзентімерей Т., Біхарі З., Сіденко В., Ошурук Д., Бойчук Д., Скриник О. Просторова інтерполяція кліматологічних даних з урахуванням топографічних та фізико-географічних особливостей території України. *Український географічний журнал*. 2020. № 2. С. 13–19. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2-2020_13-19.pdf

яких належить Передкарпаття. Визначено механізм землетрусу поблизу Стебника 29 вересня 2017 року, порівняно механізм з даними геологічної будови регіону, що дозволило встановити ймовірні тектонічні передумови землетрусу та пов'язати його зі зсувом поблизу міста Стебник⁷. В. Семенов зі співавторами показали результати електромагнітного моніторингу, проведеного поблизу сейсмічно активних регіонів, згідно з теоретичними викладками, деякі явища мають глобальне походження. Для дослідження використано звичайні магнітотелуричні дані, записані на середніх широтах, розташованих досить далеко від сейсмічно активних регіонів, та встановлено, що між сейсмічними й електромагнітними подіями з високою імовірністю існує глобальний зв'язок⁸. О. Марченко та співавтори обчислили компоненти тензора швидкості деформації, швидкості дилатації та компоненти тензора швидкості зсуву в регіоні, побудували модель тензора швидкості обертання, що підтвердило факт: регіон дослідження варто інтерпретувати як деформовану територію. За результатами обчислень з моделі GNSS-даних компонент горизонтальних деформацій було знайдено швидкості головних значень та швидкості головних осей деформації земної кори; основні тектонічні утворення показані як фонові інтенсивності різних компонент швидкостей, тензорів швидкості обертання та швидкості деформації⁹. Є. Гопченко та співавтори встановили, що тема гідрологічних впливів на екологічний стан визначається в основному двома факторами: перший більш статистично можливий – це екологічні негаразди метеорологічного характеру, пов'язаного з атмосферними опадами, які супроводжуються підняттями рівня води в річках, зокрема в Закарпатті, що можуть призвести до значних економічних збитків. Другий – це фактор впливу на геодинамічний стан і сейсмічність регіону. В умовах сучасних змін клімату на Землі суттєво підвищується імовірність настання екстремальних гідрологічних явищ, зокрема катастрофічних паводків різного походження. Вивчення розподілу територією України катастрофічних паводків і водопіль показало, що переважна кількість руйнівних паводків припадає на найбільш паводконебезпечний район – Українські Карпати, де паводки є характерною рисою гідрологічного

⁷ Малицький Д., Гнип А., Грицай О., Муровська А., Кравець С., Козловський Є. Механізм виникнення та тектонічна обстановка землетрусу 29.09.2017 поблизу Стебника. *Геодинаміка*. 2018. № 1 (24). С. 100–110. DOI: 10.23939/jgd2018.01.100

⁸ Семенов В., Ладанівський Б., Петрищев М. Виникнення сліду землетрусів у варіаціях природного електромагнітного поля. *Геодинаміка*. 2018. № 2925. С. 65–70. DOI: 10.23939/jgd2018.02.065

⁹ Марченко О., Перій С., Ломпас О., Голубінка Ю. Марченко Д., Крамаренко С., Абдулвасіу Салаву. Визначення тензора горизонтальних швидкостей деформації у Західній Україні. *Геодинаміка*. 2019. № 2 (27). С. 5–15. DOI: 10.23939/jgd2019.02.005

режиму річок¹⁰. О. Чалий зі співавторами показали, що землетрус, що стався біля м. Суми (3 лютого 2015 р.), зумовлений впливом декількох напружених режимів, пов'язаних на регіональному рівні з перенесенням напруг із зони Вранча вздовж мантийного лінеамента Соллогуба, зміною локального поля напруги, яке створюється різними за товщиною земної кори блоками за наявності підкорових теплових аномалій і аномалій щільності. Встановлено, що нижня частина кори, для якої характерний розвиток коро-мантийної суміші, земна кора області має яскраво виражену фізико-геологічну неоднорідність, що створює нестабільність літостатичного тиску та є передумовою появи додаткових напружень¹¹. О. Кошляков і співавтори зазначили, що актуальність дослідження впливу підземних вод на стійкість укосів і схилів зумовлена тенденцією збільшення частоти проявів екзогенних геологічних процесів унаслідок техногенного впливу, оскільки своєчасне виявлення небезпечних ділянок і застосування заходів з метою запобігання розвитку зсувних процесів дозволить уникнути значних збитків¹². В. Зацерковний і М. Богословський показали, що аналіз ризику виникнення і розвитку природно-техногенних надзвичайних ситуацій є частиною системного підходу до ухвалення рішень у процесі управління територіями, процедур і практичних заходів у вирішенні завдань управління процесом досягнення безпеки. Основою аналізу є фізичне та математичне моделювання природних і соціально-економічних систем і процесів, що відбуваються в них, яке передбачає взаємодію основних компонентів системи з навколишнім середовищем у штатних і позаштатних ситуаціях¹³. А. Назаревич і співавтори представили методіку дослідження і виділення метеорологічних термопружних деформацій із деформографічних даних і результатів виділення, з її застосуванням, малоамплітудних деформаційних аномалій – провісників місцевих закарпатських землетрусів; показали, що вивчення

¹⁰ Гопченко Є., Овчарук В., Шакірзанова Ж., Гопцій М., Траскова А., Швеш Н., Сербова З., Тодорова О. Моделювання екстремально високих паводків на прикладі гірських регіонів України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 3 (82). С. 6–15. DOI: 10.17721/17282713.82.01

¹¹ Чалий О., Дяконеску М., Гурова І., Лісовий Ю., Пігулевський П., Шербина С., Шевцов А., Шумлянська Л. Причина активної сейсмічності в Україні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 4 (83). С. 38–45. DOI: 10.17721/1728-2713.83.05

¹² Кошляков О., Диняк О., Кошлякова І., Кошлякова Т. Гідрогеологічні особливості розрахунків стійкості укосів і схилів у межах урбанізованих територій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 4 (83). С. 79–83. DOI: 10.17721/1728-2713.83.11

¹³ Зацерковний В., Богословський М. Розробка моделі функціонального стану об'єкта моніторингу для завдань оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 4 (83). С. 91–97. DOI: 10.17721/1728-2713.83.13

метеорологічних температурних впливів на режимні геофізичні спостереження, розроблення способів урахування таких впливів є одним із важливих завдань під час проведення геодинамічного моніторингу, що є особливо актуальним для деформографічних досліджень¹⁴. С. Багрій та співавтори зазначають, що для достовірної оцінки напружено-деформованого стану гірських порід, для прогнозування карстових процесів і деформацій, пов'язаних із наявністю видобувних камер і розвитком карсту, можна успішно застосовувати метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (далі – ПІЕМПЗ), розглянуто фізичні передумови застосування методу, викладено основні постулати класифікації аномалій напруженості поля, розроблено підхід для оцінювання глибинності¹⁵. М. Хом'як та співавтори провели інтерпретацію експериментальних даних (деформаційних, геоакустичних і параметрів вогнища землетрусу) для встановлення їхнього зв'язку із сейсмічністю Закарпатського регіону з використанням статистичного (регресійного) аналізу, описали взаємозв'язки геофізичних параметрів, деформації, геоакустичної емісії та сейсмічних характеристик – магнітуди й енергетичного класу, що дасть можливість зрозуміти, яким чином сейсмічність впливає на зміну тих чи інших параметрів середовища Закарпатського регіону¹⁶. Є. Углицьких та співавтори представили результати моніторингу деформацій земної поверхні території Закарпаття, виконаного за допомогою методу радарної інтерферометрії, що дозволяє здійснювати моніторинг зміщень земної поверхні в режимі реального часу й оперативно отримувати актуальні дані. Було опрацьовано 26 пар інтерферограм за 2016–2018 роки, побудовано загальну карту вертикальних зміщень земної поверхні полігону, виконано ранжування території на три зони згідно з показниками вертикальних зміщень земної поверхні¹⁷. Для проведення порівняння та пошуку нових перспектив застосування

¹⁴ Назаревич А., Назаревич Л., Баштевич М. Виділення малоамплітудних деформаційних аномалій-провісників місцевих Закарпатських землетрусів з урахуванням метеотермопружних деформацій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2019. № 1 (84). С. 21–26. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.84.03>

¹⁵ Багрій С., Кузьменко Е., Дзьоба У. Зв'язок природного імпульсного електромагнітного поля Землі з напруженнями та деформаціями гірських порід на відпрацьованих родовищах солі в Передкарпатті в задачах прогнозування розвитку карсту. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 2 (89). С. 79–88. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.89.11>

¹⁶ Хом'як М., Малицький Д., Асташкіна О., Махніцький М., Кравець С., Микита А., Грицай О. Регресійний аналіз сейсмічних і геофізичних параметрів та його застосування для дослідження сейсмічності Закарпатського регіону. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 3 (90). С. 49–53. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.90.07>

¹⁷ Углицьких Є., Вижва С., Іванік О. Моніторинг вертикальних зміщень земної поверхні території Закарпаття за даними радарної інтерферометрії. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 4 (91). С. 94–99. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.91.13>

геофізичних полів, зокрема електромагнітних явищ у прогнозі землетрусів, у роботі Р. Пирієва було обрано діапазон ультранизких частот (далі – УНЧ), було побудовано графіки та проведено порівняльний аналіз на основі цих результатів, зроблено висновок, що передвісники УНЧ можуть бути перед землетрусами, що досягають глибин до 30 км, що можна вважати перспективним ефективним діапазоном виявлення передвісників землетрусів¹⁸. В. Ігнатишин та співавтори представили результати, які важливі для вивчення можливості прояву місцевої сейсмічності в регіоні, розв’язання проблем сейсмонезбезпечних територій і майбутнього прогнозу сейсмічних явищ; у роботі проведено дослідження зв’язку динаміки горизонтальних рухів кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину та місцевої сейсмічності в періоди інтенсивних атмосферних опадів, досліджено зв’язки варіацій параметрів атмосферних опадів із просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності за 2019–2020 роки, який вказує на високий ступінь кореляції рядів геофізичних даних: підвищення величини кількості опадів супроводжується підвищенням величини кількості зареєстрованих місцевих землетрусів у регіоні, що підтверджує гідрологічний аспект сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині¹⁹. О. Іванік і співавтори представили методики локального прогнозування зсувної небезпеки, які на основі застосування раціонального комплексу геологічних, геофізичних, дистанційних, термографічних досліджень, детермінованого моделювання дозволяють виявити головні ознаки, визначити ділянки потенційного розвитку зсувних процесів у межах окремих зсувонезбезпечних ділянок і запропонувати комплекс превентивних заходів щодо мінімізації та уникнення їхньої негативної дії²⁰. М. Лубков показав традиційний і нестандартний підходи до аналізу розрахункових значень інфільтраційного живлення ґрунтових вод із використанням показника заряду електричного поля приземної атмосфери, а порівняння результатів гідрогеологічних розрахунків і спостережень за специфічними електрофізичними й метеорологічними чинниками дозволяє пояснити невідповідності між

¹⁸ Пирієв Р. Огляд електромагнітних моніторингових досліджень у прогнозі землетрусів: останні результати та нові перспективи. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 1 (96). С. 40–45. DOI: 10.17721/1728-2713.96.06

¹⁹ Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Моніторинг сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині за результатами комплексних геофізичних спостережень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 3 (98). С. 42–48. DOI: 10.17721/1728-2713.98.05

²⁰ Іванік О., Шевчук В., Кравченко Д., Гадяцька К. Прогнозування зсувної небезпеки та оцінка впливу на суспільство: головні підходи, принципи, методи. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 1 (100). С. 5–14. DOI: 10.17721/1728-2713.100.01

значеннями інфільтраційного живлення та кількості опадів²¹. В. Ігнатишин та співавтори провели аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та сучасних горизонтальних рухів кори за весь період деформометричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому, зазначили підвищення сейсмічності регіону в інтервалах інтенсивних рухів кори та наявність періодів коливання рухів кори тривалістю у 12 років, серед яких 2–3 роки виявлено знакозмінні процеси (розширення і стиснення порід, загальна величина зміщення коливається в області нульових рухів)²². В. Ігнатишин та співавтори дослідили екологічний аспект зв'язку магнітного поля Землі та геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину, вказали на аномалії магнітного поля Землі в періоди сейсмонебезпечних процесів²³. В. Ігнатишин показав приклади використання результатів дослідження геофізичних аспектів екологічного стану сейсмонебезпечних регіонів у навчальному процесі в підготовці географів²⁴. В. Ігнатишин та співавтори представили роботу, яка присвячена вивченню відгуку електромагнітної емісії на сеймотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині, встановили, що рухи кори та землетруси супроводжуються підвищеними величинами електромагнітної емісії²⁵. У статті В. Ігнатишина та співавторів встановлено, що температура повітря також впливає на сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, що зумовлює зміну в їхніх динамічних характеристиках²⁶. В. Ігнатишин зі співавторами розглянули зв'язок сучасних горизонтальних рухів кори,

²¹ Лубков М. Моделювання зсувних деформацій під дією сили тяжіння. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 2 (101). С. 25–30. DOI: 10.17721/1728-2713.101.03

²² Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар С., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину за результатами деформометричних спостережень у регіоні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2024. № 1 (104). С. 13–21. DOI: 10.17721/1728-2713.104.02

²³ Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Ігнатишин А., Ігнатишин М. Магнітне поле Землі та геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину: екологічний аспект. *Екологічні науки : науково-практичний журнал / гол. ред. О. Бондар. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2023. № 1 (46). 210 с. С. 109–118.*

²⁴ Ігнатишин В. Геофізичні аспекти екологічного стану сейсмонебезпечних регіонів та їх роль у підготовці майбутніх фахівців-географів. *Scientific and pedagogical internship "Challenges and development prospects of natural education and science in Ukraine and EU countries" : Internship proceedings, July 3 – August 13, 2023. Riga, the Republic of Latvia*. Riga, Latvia, 2023. 28 p. P. 7–12.

²⁵ Ігнатишин В., Іжак Т., Рац А. Електромагнітна емісія та сеймотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині. *Electromagnetic emission and seismotectonic processes in the transcarpathian internal depression. Modernization of natural science education and natural sciences in the context of digitalization. December 6–7, 2023. Czestochowa, the Republic of Poland*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. 52 p. P. 38–41.

²⁶ Ігнатишин В., Іжак Т., Молнар Д. С. С., Рац А. Й. Метеорологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину за 2021 рік. *Acta Academiae Beregsasiensis Geographica et Recreatio*. 2024. № 1. С. 32–47.

сейсмічності регіону зі змінами параметрів радіоактивного фону середовища, вимірюному в центральній частині Закарпаття²⁷. У своїй статті В. Ігнатишин зі співавторами встановили зв'язок варіацій астрофізичних параметрів і сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому завдяки проведеному аналізу результатів астрофізичних і геофізичних спостережень за 2022 рік²⁸. Дослідженню змін магнітного поля Землі в центральній частині Закарпаття та геодинаміки регіону присвячена праця В. Ігнатишина та співавторів, де вказано на вплив сеймотектонічних процесів на параметри магнітного поля Землі²⁹. В. Ігнатишин і співавтори у своїх дослідженнях також вивчали вплив сеймотектонічних процесів у сейсмогенеруючих регіонах на природне імпульсне електромагнітне поле Землі, виміряне на режимній геофізичній станції «Тросник» імені Т. З. Вербицького, та встановили, що електромагнітна емісія відгукується на інтенсивні рухи кори та місцеву сейсмічність³⁰.

3. Дослідження параметрів гідрологічного стану центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину за 2024 рік. Варіації кількості атмосферних опадів

На території Закарпатського внутрішнього прогину протягом тривалого часу проводяться вимірювання параметра гідрологічного стану регіону: кількість атмосферних опадів і рівні води у свердловинах на режимній геофізичній станції «Тросник» імені Т. З. Вербицького Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики імені С. І. Субботіна НАН України. Для вимірювання гідрологічного стану центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину використовувалися опадомір Третьякова та метеорологічної станції «Конрад». Методика аналізу результатів метеорологічних і гідрологічних параметрів полягає в побудові просторово-часового

²⁷ Ігнатишин В., Іжак Т., Молнар Д. С. Радіоактивний фон середовища та сучасні рухи кори в Закарпатському внутрішньому прогині: сейсмічний аспект. *Acta Academiae Beregsasiensis Geographica et Recreatio*. 2024. № 2. С. 58–68.

²⁸ Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар Д. С. С., Рац А., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Варіації астрофізичних параметрів та сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2022 рік. *Екологічні науки : науково-практичний журнал* / гол. ред. О. Бондар. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2024. № 1 (52). Т. 1. 236 с. С. 42–51. URL: <http://esoj.dea.kiev.ua/52-1-2024>

²⁹ Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар Д. С. С., Рац А., Ігнатишин А. Дослідження змін параметрів магнітного поля та поля деформацій у сейсмонезбезпечних регіонах. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024. № 3. С. 48–58. DOI: 10.32782/2786-5843/2024-3-6

³⁰ Ігнатишин В., Іжак Т., Молнар Д. С. С. Електромагнітна емісія середовища як реакція на сеймотектонічні процеси в сейсмогенеруючих регіонах. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024. № 4. С. 35–46.

аналізу кількості атмосферних опадів у добових і місячних діапазонах спостережень. Проводиться аналіз рядів даних на предмет визначення максимальних і мінімальних значень кількості атмосферних опадів, проводиться розрахунок середньомісячних величин кількості опадів, визначаються амплітуди та періоди коливання спостережуваних величин, що є важливими під час вивчення метеорологічних параметрів навколишнього середовища та дають змогу учням отримати картину метеорологічного стану навколишнього середовища. Методика дослідження може бути використана в підготовці науково-дослідницьких робіт учнів загальноосвітніх шкіл і гуртківців позашкільної освіти під час вивчення географічних процесів у рідному краї.

Січень 2024 року. Досліджено варіації величин атмосферних опадів, виміряних на режимній геофізичній станції (далі – РГС) «Тросник» у січні 2024 року, та побудовано графік часової залежності кількості атмосферних опадів на рисунку 1.

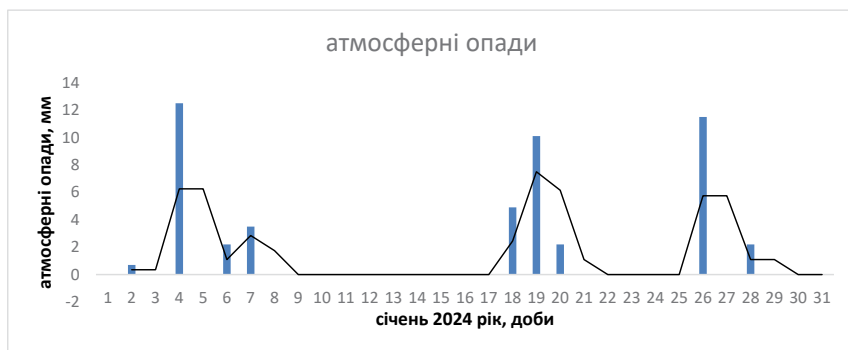


Рис. 1. Варіації атмосферних опадів, виміряних на РГС «Тросник» у січні 2024 року

За січень 2024 року на території центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 49,8 мм атмосферних опадів. Аналіз вищенаведеного графіка показує наявність трьох часових інтервалів інтенсивних атмосферних опадів однакової кількості: у першій, другій і третій декаді місяця. Величина кількості опадів відповідає приблизно місячній нормі атмосферних опадів у регіоні. Періодичність атмосферних опадів становить 15,7 діб.

Лютий 2024 року. У лютому 2024 року на території досліджуваного регіону зареєстровано 32,9 мм атмосферних опадів. Часовий розподіл атмосферних опадів у лютому 2024 року представлено на рисунку 2.

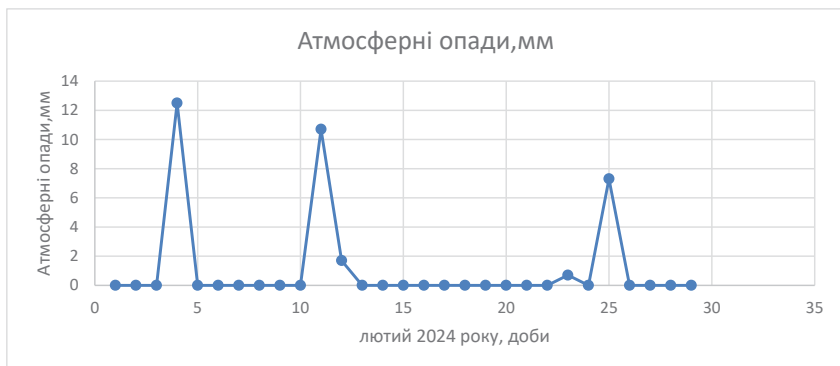


Рис. 2. Варіації атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину в лютому 2024 року

Періоди аномальних величин атмосферних опадів у лютому мають такі періоди прояву: 7 та 14 діб. Подібно до січня 2024 року, інтенсивні опади зареєстровано в першій, другій і третій декаді, кількість опадів спадає в алгебраїчній прогресії.

Березень 2024 року. У березні 2024 року на території РГС «Тросник» зареєстровано атмосферні опади в кількості 46,5 мм. На рисунку 3 представлено варіації атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину.



Рис. 3. Атмосферні опади в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, березень 2024 року

У першій половині місяця зареєстровано 33,4 мм атмосферних опадів, у другій половині місяця випало 13,1 мм атмосферних опадів. Періодичність атмосферних опадів становить від 2 до 8 діб.

Квітень 2024 року. У квітні 2024 року в центральній частині Закарпаття випало 14,8 мм атмосферних опадів. На рисунку 4 представлено часовий розподіл атмосферних опадів у квітні 2024 року, зареєстрованих на РГС «Тросник».



Рис. 4. Варіації атмосферних опадів, зареєстрованих на РГС «Тросник» у квітні 2024 року

Атмосферні опади, що пройшли в першій половині місяця, становлять 11,9 мм, для другої половини місяця характерна мала кількість атмосферних опадів величиною 2,9 мм. Періодичність атмосферних опадів становить 14 діб. Амплітуди атмосферних опадів спадають параболічно, що вдвічі та втричі менше за попередні місяці.

Травень 2024 року. У травні 2024 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 154,6 мм атмосферних опадів. На рисунку 5 показано часовий розподіл атмосферних опадів, виміряних на РГС «Тросник» у травні 2024 року.



Рис. 5. Варіації атмосферних опадів, виміряних на РГС «Тросник» у травні 2024 року

Основна частина атмосферних опадів пройшла в першій половині місяця, найбільша частина опадів зареєстрована 9 травня 2024 року.

У другій половині місяця випало 24,2 мм. Період прояву атмосферних опадів становить 11 діб.

Червень 2024 року. У липні 2024 року на території Закарпатського внутрішнього прогину випало 94,6 мм атмосферних опадів. На рисунку 6 показано варіації атмосферних опадів на досліджуваній території в червні 2024 року.

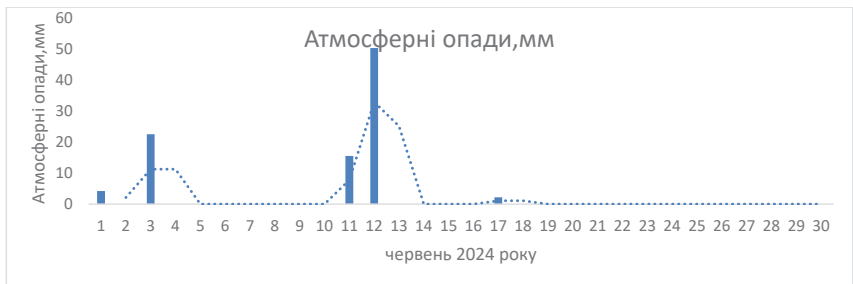


Рис. 6. Варіації атмосферних опадів, виміряних на РГС «Тросник» у червні 2024 року

Основна частина атмосферних опадів, зареєстрованих на території центральної частини Закарпаття, пройшла в першій частині місяця (92,2 мм). Періоди інтенсивних атмосферних опадів змінюються від 9 до 5 діб. Амплітуди атмосферних опадів протягом місяця зростають.

Липень 2024 року. На території центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину протягом липня 2024 року випало 11,5 мм. На рисунку 7 показано варіації атмосферних опадів у зоні Оашського глибинного розлому в липні 2024 року.



Рис. 7. Варіації атмосферних опадів, виміряних у центральній частині Закарпаття в липні 2024 року

На початку місяця випало 5,2 мм атмосферних опадів на території центральної частини Закарпаття, у другій половині місяця випало 5,6 мм атмосферних опадів. Період прояву атмосферних опадів становить 19 діб. Низька кількість атмосферних опадів пояснюється літнім періодом, який характеризується малою кількістю опадів.

Серпень 2024 року. У серпні 2024 року на території центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину спостерігалися 32,5 мм атмосферних опадів. На рисунку 8 показано часовий розподіл атмосферних опадів на території Закарпаття в серпні 2024 року.

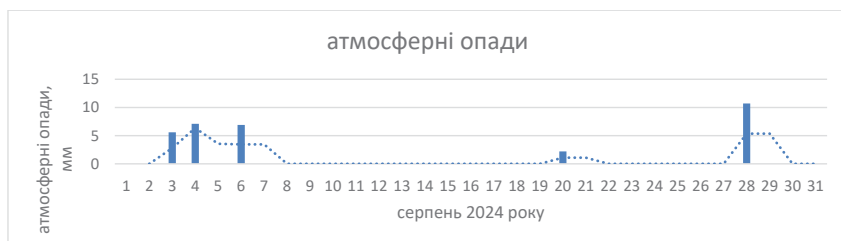


Рис. 8. Варіації атмосферних опадів у зоні Оашського глибинного розлому в серпні 2024 року

Протягом місяця зареєстровано три періоди інтенсивних атмосферних опадів у першій декаді та другій половині місяця. Часові інтервали прояву атмосферних опадів становлять 16 і 8 діб.

Вересень 2024 року. Протягом вересня 2024 року на території центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 67,9 мм атмосферних опадів, що відповідає нормі за місяць. Часовий розподіл атмосферних опадів у вересні 2024 року представлено на рисунку 9.



Рис. 9. Варіації атмосферних опадів, виміряні в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину у вересні 2024 року

Майже всі атмосферні опади за вересень 2024 року зареєстровано в першій половині місяця, протягом тижня. Інтенсивні опади зареєстровано також у кінці місяця (28 вересня, 17 мм). Періодичність прояву атмосферних опадів становить 4–14 діб.

Жовтень 2024 року. Для жовтня 2024 року характерна мала кількість атмосферних опадів у центральній частині Закарпаття, а саме 27,9 мм. На рисунку 10 представлено часовий розподіл кількості атмосферних опадів у досліджуваному регіоні за жовтень 2024 року.



Рис. 10. Варіації кількості атмосферних опадів у жовтні 2024 року. Закарпатський внутрішній прогин

Жовтень 2024 року є місяцем, коли більшість часу була суха погода, не випадають атмосферні опади, за винятком 4 жовтня, коли випало 26,5 мм, до третини місячної норми атмосферних опадів для даного регіону.

Листопад 2024 року. Протягом листопада 2024 року на режимній геофізичній станції «Тросник» не зареєстровано атмосферних опадів.

Грудень 2024 року. На рисунку 11 представлено часовий розподіл атмосферних опадів на досліджуваній території за грудень 2024 року.



Рис. 11. Варіації атмосферних опадів на території центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину за грудень 2024 року

Атмосферні опади у грудні 2024 року розподілені протягом місяця з періодами у 4–19 днів. Щодо інших місяців, то у грудні зареєстровано найменшу кількість атмосферних опадів. На території центральної

частини Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 5,9 мм атмосферних опадів. Отже, кількість атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину становить 538,9 мм. Ця величина є усадкованою протягом останніх 15 років для Закарпатського внутрішнього прогину.

4. Варіації атмосферних опадів у Закарпатському внутрішньому прогині та сучасні горизонтальні рухи кори регіону за 2024 рік (за результатами геофізичного моніторингу на режимних геофізичних станціях регіону)

Атмосферні опади в регіоні впливають на геологічні процеси різної швидкості, зокрема на повільні рухи кори в Закарпатському прогині. Актуальне вивчення взаємозв'язку рухів кори та зміни метеорологічного стану регіону. Для вирішення поставленого завдання використано результати деформометричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому за допомогою горизонтального кварцового деформометра, що функціонує у штольні завглибшки 15 м і завдовжки 40 м, де змонтовано кварцовий горизонтальний деформограф базою 24,5 м, орієнтований на схід – захід. Протягом тривалого часу, починаючи з 1999 року, спостерігають за реальними рухами кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Алгоритм вивчення полягає в дослідженні варіацій атмосферних опадів у регіоні та рухів кори в зоні Оашського розлому, пошуку інтервалів часу найбільшої кореляції рядів спостереження, розрахунку коефіцієнтів кореляції, геомеханічних і гідрологічних процесів у 2024 році.

Січень 2024 року. У січні 2024 року на території зони Оашського глибинного розлому відбулося розширення порід величиною 6,7 мкм, досліджено рухи кори та варіації кількості атмосферних опадів у регіоні (рисунок 12).

Аналіз вищенаведеного графіка показує, що атмосферні опади в січні 2024 року супроводжують інтенсивні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому. Підвищені величини рухів кори, спостережувані на досліджуваній території, зумовлені аномальними величинами атмосферних опадів. Атмосферні опади спричиняють в основному розширення порід, що переходять у плавне стиснення порід, інтервал часу між максимумами геофізичних полів становить приблизно тиждень. Розраховано кореляційний коефіцієнт між атмосферними опадами та рухами кори, що визначають динаміку геологічних процесів, який становить 0,2. Зміщення одного ряду щодо одного на тиждень підвищить кореляційний коефіцієнт, тобто тривалість підготовчого процесу впливу гідрологічного стану на геомеханічні процеси – тижневий часовий період.

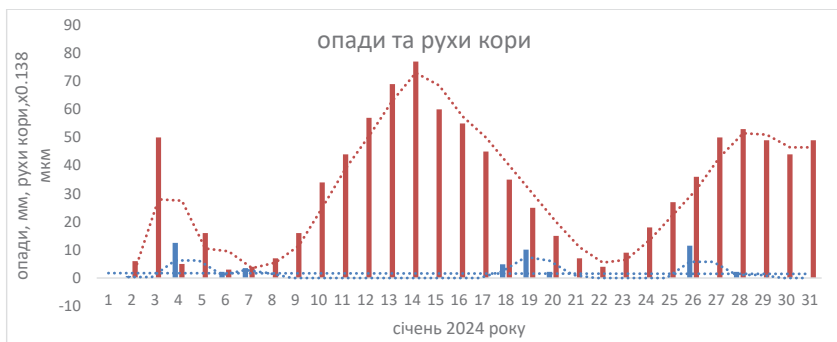


Рис. 12. Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива коричневого кольору), атмосферні опади в центральній частині Закарпатського глибинного розлому (крива синього кольору). Січень 2024 року

Лютий 2024 року. У лютому рухи кори представлені стисненнями величиною $-5,4$ мкм. Розглянуто часовий розподіл зміщень земної кори в зоні Оашського глибинного розлому та варіації кількостей атмосферних опадів, виміряних на режимній геофізичній станції (РГС) у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (рисунок 13).

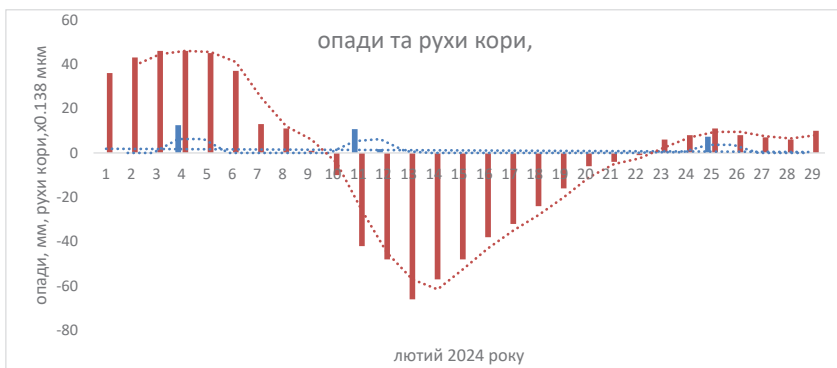


Рис. 13. Варіації атмосферних опадів на РГС «Тросник» (діаграма синього кольору), сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма коричневого кольору). Лютий 2024 року

Аналіз вищенаведеного рисунка приводить до певних висновків: інтенсивні атмосферні опади спричиняють інтенсивні рухи кори, виміряні в зоні Оашського глибинного розлому, як стиснення, так і розширення порід. Розраховано коефіцієнт кореляції рядів гідрологічного стану регіону та сучасних горизонтальних рухів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, що становить 0,1.

Березень 2024 року. У березні 2024 року в зоні Оашського глибинного розлому виміряно сучасні горизонтальні рухи кори, що становлять розширення порід величиною 1,24 мкм. Досліджено взаємозв'язки між атмосферними опадами в регіоні та рухами кори в березні 2024 р. (рисунок 14).



Рис. 14. Варіації кількості атмосферних опадів у центральній частині Закарпаття (крива синього кольору), сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма жовтого кольору). Березень 2024 року

Атмосферні опади супроводжуються стисненнями порід у першій половині місяця та розширеннями порід від другої половини березня 2024 року. Інтенсивні опади протягом однієї-двох діб спричиняють стиснення порід, можуть вплинути на зміну знака рухів кори. Розраховано ступінь кореляції параметрів гідрологічного та геодинамічного станів регіону, який становить 0,01. Коефіцієнт кореляції в першій половині місяця становить 0,2.

Квітень 2024 року. Сучасні горизонтальні рухи кори, виміряні на пункті деформометричних спостережень «Королеве» у квітні 2024 року, представлені стисненнями порід величиною $-0,138$ мкм. Досліджено

зв'язок сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому з варіаціями атмосферних опадів у квітні 2024 року, що представлено на рисунку 15.



Рис. 15. Варіації атмосферних опадів у Закарпатському внутрішньому прогині (крива синього кольору), сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива коричневого кольору). Квітень 2024 року

Дослідження сучасних рухів кори, їхньої реакції на атмосферні опади вказують на суттєвий вплив параметрів гідрологічного стану на геодинамічний стан сейсмонебезпечного регіону. Інтенсивні опади супроводжуються стисненнями порід в обох випадках. Землетруси рівномірно розподілені на часовій прямій, вони реєструються як у разі стиснення порід, так і за їх розширення. Розраховано ступінь кореляції між атмосферними опадами та рухами кори в зоні Оашського глибинного розлому, що становить 0,2.

Травень 2026 року. У травні 2024 року в зоні Оашського глибинного розлому відбулося розширення порід величиною 3,45 мкм. Досліджено взаємозв'язок між сучасними горизонтальними рухами кори, виміряними на пункті деформометричних спостережень «Королеве», та варіаціями атмосферних опадів, виміряними у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (рисунок 16). Дослідження впливу атмосферних опадів на рухи кори в регіоні встановили, що інтенсивні опади супроводжуються загальним стисненням порід у перших двох декадах місяця. Остання декада місяця характеризується розширенням порід, що переходять у стиснення порід після інтенсивних опадів.

Проведено розрахунок ступеня кореляції варіацій атмосферних опадів і зміщень земної кори в цей період, що становить $-0,1$.



Рис. 16. Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива коричневого кольору), варіації атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (крива синього кольору). Травень 2024 року

Червень 2024 року. У червні 2024 року в зоні Оашського глибинного розлому спостерігали стиснення верхніх шарів земної кори величиною -7 мкм. Побудовано часові розподіли атмосферних опадів на РГС «Тросник» у червні 2024 року та зміщення земної кори у штольні ПДС (пункт деформометричних спостережень) «Королеве» з метою виявлення впливу атмосферних опадів на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину, а саме його центральної частини, представлено на рисунку 17. Атмосферні опади в червні 2024 року супроводжуються лінійним стисненням верхніх шарів земної кори протягом двох декад. Проведено розрахунок ступеня кореляції атмосферних опадів і зміщень верхніх шарів земної кори в червні 2024 року, що дорівнює $0,3$.

Липень 2024 року. У липні земна кора в зоні Оашського глибинного розлому зазнала розширення порід величиною $9,25$ мкм. Побудовано часові варіації атмосферних опадів у регіоні та часові варіації зміщень земної кори (рисунок 18). Атмосферні опади в досліджуваній період супроводжуються стисненнями порід на початку місяця, у другій половині місяця опади відбуваються в інтервалах розширення порід, але вони привели до локального стиснення порід. Розраховано коефіцієнт кореляції

атмосферних опадів і зміщень верхніх шарів земної кори за сучасних горизонтальних рухів кори, який становить 0,1.

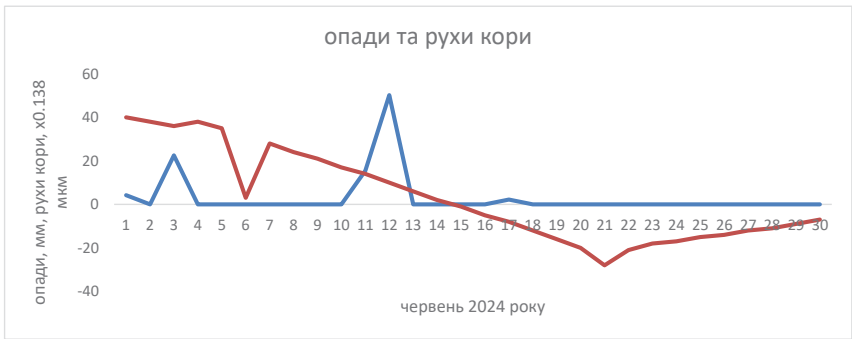


Рис. 17. Атмосферні опади (діаграма синього кольору), сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма коричневого кольору). Червень 2024 року



Рис. 18. Варіації атмосферних опадів у центральній частині Закарпаття (діаграма синього кольору), сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива коричневого кольору). Липень 2024 року

Отже, на прикладі аналізу варіацій кількості атмосферних опадів, що зареєстровані протягом 2024 року в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, методики аналізу й алгоритму дослідження впливу атмосферних опадів на рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, що проведено на прикладі січня – липня 2024 року, показано

вплив гідрологічного стану на геодинамічний стан регіону, пропонується результати проведених аналізів застосувати в навчально-виховному процесі на уроках природничих дисциплін: географії, екології, фізики. Методику спостереження та аналізу природничих процесів пропонується використовувати для проведення дослідницьких робіт, підготовки учнями проєктів і тез на різноманітні конкурси, олімпіади в системі Малої академії наук України, на заняттях гуртків природничого спрямування (географія, екологія, гідрологія, метеорологія).

ВИСНОВКИ

У роботі представлено практичне застосування результатів метеорологічних, гідрологічних досліджень на теренах Закарпатського внутрішнього прогину, досліджень геодинамічного стану зони Оашського глибинного розлому при викладанні природничих дисциплін у системі загальної та позашкільної освіти. Проведено аналіз публікацій з даної тематики, що висвітлюють стан вивчення географії та її перспективи, розглянуто результати аналізу спостереження варіацій кількості атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Розраховано річну кількість опадів у досліджуваному регіоні, яка становить приблизно 539,8 мм опадів, що є середньою величиною протягом 2011–2024 років. Сучасні рухи кори протягом 2024 року, виміряні за допомогою горизонтального кварцового деформометра базою 24,5 м й азимутом $A = 80^\circ$ (напрямок схід – захід) у зоні Оашського глибинного розлому, – розширення порід величиною $13,85 \times 10^{-7}$. Вони є успадкованими рухами в Карпатському регіоні, де рухи кори відбуваються в діапазоні $-10 \times 10^{-7} \div 30 \times 10^{-7}$. Попередні та сучасні дослідження зв'язків геодинамічного стану зони Оашського глибинного розлому й варіацій виміряних атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину доводять вплив інтенсивних атмосферних опадів на динаміку рухів кори, що впливає на розрядку напружено-деформованого стану порід і перерозподіл геомеханічної енергії. Модель сейсмотектонічних процесів охоплює гідрогеологічний аспект даного сейсмогенеруючого регіону. Інтенсивні опади спричиняють зміну рівня води в річках регіону, що чинить тиск на поверхню земної кори, що виражається в послідовній зміні інтенсивного розширення порід на повільне стиснення порід у часовому інтервалі, який перевищує розширення порід. Проведене дослідження в місячному інтервалі підтверджує гідрогеологічний аспект геодинаміки регіону: інтенсивні рухи кори супроводжують інтенсивні атмосферні опади. Важливість проведеного дослідження полягає в тому, що воно є актуальним для вивчення сейсмічності даного регіону. Відомо,

що інтенсивні рухи кори акумулюють геомеханічну енергію земної кори та, за визначених умов, можуть бути спусковим гачком для вивільнення накопиченої енергії. Отримані результати дослідження та використана для цього методика можуть бути корисні під час навчально-виховного процесу на уроках географії, екології та інших природничих дисциплін і на заняттях гуртків природничого циклу.

АНОТАЦІЯ

Актуальність пошуку нових засобів і технологій під час вивчення природничих дисциплін та їх практичного застосування в навчально-виховному процесі полягає в тому, що зростає кількість нової інформації, яку важливо використати для підвищення ефективності викладання предметів наук про Землю. Аналізується стан вивчення окремих природничих дисциплін, зокрема географії, геофізики, фізики й екології, перспективи їх розвитку в сучасних умовах. У розділі представлено приклад проведення та використання досліджень географічних процесів у регіоні в навчально-виховному процесі, на уроках географії, зокрема під час проведення занять гуртків позашкільної освіти з географії, гідрології, екології, фізики. У роботі представлено алгоритм вивчення проблем екологічного стану Закарпаття на основі моніторингу природних процесів, пропозиції використання результатів цих досліджень у навчально-виховному процесі. У розділі досліджено географічні процеси: гідрологічний стан регіону, сейсмічний стан регіону та геодинамічний стан регіону; педагогічні аспекти вивчення природних явищ. Вивчено параметри, що характеризують сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, сейсмічний стан Карпатського регіону, варіації параметрів гідрологічного стану центральної частини Закарпатського внутрішнього прогину. Описано методичні аспекти використання отриманих результатів досліджень у навчально-виховному процесі загальноосвітньої школи та підготовки учнями науково-дослідницьких робіт на різноманітні конкурси із природничих наук. Показано методи дослідження: метод аналізу і синтезу, кореляційний аналіз, графічні методи. Для досягнення поставленої в роботі мети використано результати режимних геофізичних, геодинамічних, гідрологічних спостережень у Закарпатському внутрішньому прогині у 2024 році. У результаті дослідження встановлено, що в регіоні за досліджуваний період випала кількість атмосферних опадів, які в середньому випадали починаючи із 2011 року. Геомеханічні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому представлені розширеннями порід, що є успадкованою величиною для даного регіону. Підтверджується гідрологічний аспект геодинамічного стану регіону, що є складником

сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині. Отримані результати та методи їх використання важливі в навчально-виховному процесі для вивчення географічних процесів та явищ у регіоні.

Література

1. Мальчикова Д., Мезенцев К. Публічний імідж географії в контексті трансформації стандартів базової середньої освіти: досвід України і світу. *Український географічний журнал*. 2022. № 1. С. 53–63. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-1-2022_53-63.pdf
2. Руденко Л., Заячук М., Лісовський С., Маруняк Є., Муніч Н., Пересадько В., Пономаренко О. Військова агресія Росії в Україні та її наслідки для географічної освіти і науки. *Український географічний журнал*. 2022. № 4. С. 4–12. [Англійською мовою]. DOI: 10.15407/ugz2022.04.004.4
3. Сергеева А., Єсембек С., Абдулліна А., Баубекова Г. Аналіз змісту розділу «Країнознавство» оновленої шкільної навчальної програми з географії у Казахстані. *Український географічний журнал*. 2023. № 2. С. 60–70. [Англійською мовою]. DOI: 10.15407/ugz2023.02.060
4. Дронова О., Маруняк Є., Руденко Л., Топчієв О. Імідж і місія географічної науки в Україні. *Український географічний журнал*. 2023. № 3. С. 3–11. [Українською мовою].
5. Семергей-Чумаченко А., Озимко Р. Сильні дощі та зливи в Закарпатській області як стихійні метеорологічні явища (1999–2018 рр.). *Український географічний журнал*. 2019. № 4. С. 11–17. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2019-4_11-17.pdf
6. Скриник О., Осадчий В., Сзентімрей Т., Біхарі З., Сіденко В., Ошурок Д., Бойчук Д., Скриник О. Просторова інтерполяція кліматологічних даних з урахуванням топографічних та фізико-географічних особливостей території України. *Український географічний журнал*. 2020. № 2. С. 13–19. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2-2020_13-19.pdf
7. Малицький Д., Гнип А., Грицай О., Муровська А., Кравець С., Козловський Є. Механізм виникнення та тектонічна обстановка землетрусу 29.09.2017 р. поблизу Стебника. *Геодинаміка*. 2018. № 1 (24). С. 100–110. DOI: 10.23939/jgd2018.01.100
8. Семенов В., Ладанівський Б., Петрищев М. Виникнення сліду землетрусів у варіаціях природного електромагнітного поля. *Геодинаміка*. 2018. № 2925. С. 65–70. DOI: 10.23939/jgd2018.02.065
9. Марченко О., Перій С., Ломпас О., Голубінка Ю., Марченко Д., Крамаренко С., Абдулвасіу Салаву. Визначення тензора горизонтальних швидкостей деформацій у Західній Україні. *Геодинаміка*. 2019. № 2 (27). С. 5–15. DOI: 10.23939/jgd2019.02.005

10. Гопченко Є., Овчарук В., Шакірзанова Ж., Гопцій М., Траскова А., Швець Н., Сербова З., Тодорова О. Моделювання екстремально високих паводків на прикладі гірських регіонів України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 3 (82). С. 6–15. DOI: 10.17721/17282713.82.01

11. Чалий О., Дяконеску М., Гурова І., Лісовий Ю., Пігулевський П., Щербина С., Шевцов А., Шумлянська Л. Причина активної сейсмічності в Україні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 4 (83). С. 38–45. DOI: 10.17721/1728-2713.83.05

12. Кошляков О., Диняк О., Кошлякова І., Кошлякова Т. Гідрогеологічні особливості розрахунків стійкості укосів і схилів у межах урбанізованих територій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 4 (83). С. 79–83. DOI: 10.17721/1728-2713.83.11

13. Зацерковний В., Богословський М. Розробка моделі функціонального стану об'єкта моніторингу для завдань оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 4 (83). С. 91–97. DOI: 10.17721/1728-2713.83.13

14. Назаревич А., Назаревич Л., Баштевич М. Виділення малоамплітудних деформаційних аномалій- провісників місцевих Закарпатських землетрусів з урахуванням метеотермопружних деформацій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2019. № 1 (84). С. 21–26. DOI: 10.17721/1728-2713.84.03

15. Багрій С., Кузьменко Е., Дзьоба У. Зв'язок природного імпульсного електромагнітного поля Землі з напруженнями та деформаціями гірських порід на відпрацьованих родовищах солі в Передкарпатті в задачах прогнозування розвитку карсту. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 2 (89). С. 79–88. DOI: 10.17721/1728-2713.89.11

16. Хом'як М., Малицький Д., Асташкіна О., Махніцький М., Кравець С., Микита А., Грицай О. Регресійний аналіз сейсмічних і геофізичних параметрів та його застосування для дослідження сейсмічності Закарпатського регіону. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 3 (90). С. 49–53. DOI: 10.17721/1728-2713.90.07

17. Углицьких Є., Вижива С., Іванік О. Моніторинг вертикальних зміщень земної поверхні території Закарпаття за даними радарної інтерферометрії. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 4 (91). С. 94–99. DOI: 10.17721/1728-2713.91.13

18. Пирієв Р. Огляд електромагнітних моніторингових досліджень у прогнозі землетрусів: останні результати та нові перспективи. *Вісник*

Київського національного університету імені Тараса Шевченка. *Геологія*. 2022. № 1 (96). С. 40–45. DOI: 10.17721/1728-2713.96.06

19. Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Моніторинг сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині за результатами комплексних геофізичних спостережень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 3 (98). С. 42–48. DOI: 10.17721/1728-2713.98.05

20. Іванік О., Шевчук В., Кравченко Д., Гадяцька К. Прогнозування зсувної небезпеки та оцінка впливу на суспільство: головні підходи, принципи, методи. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 1 (100). С. 5–14. DOI: 10.17721/1728-2713.100.01

21. Лубков М. Моделювання зсувних деформацій під дією сили тяжіння. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 2 (101). С. 25–30. DOI: 10.17721/1728-2713.101.03

22. Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар С., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину за результатами деформометричних спостережень у регіоні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2024. № 1 (104). С. 13–21. DOI: 10.17721/1728-2713.104.02

23. Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Ігнатишин А., Ігнатишин М. Магнітне поле Землі та геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину: екологічний аспект. *Екологічні науки : науково-практичний журнал/гол. ред. О. Бондар*. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2023. № 1 (46). 210 с. С. 109–118. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.19

24. Ігнатишин В. Геофізичні аспекти екологічного стану сейсмонезбезпечних регіонів та їх роль в підготовці майбутніх фахівців-географів. *Scientific and pedagogical internship “Challenges and development prospects of natural education and science in Ukraine and EU countries” : Internship proceedings, July 3 – August 13, 2023. Riga, the Republic of Latvia. Riga, Latvia, 2023. 28 p. P. 7–12.*

25. Ігнатишин В., Іжак Т., Рац А. Електромагнітна емісія та сейсмотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині. *Electromagnetic emission and seismotectonic processes in the transcarpathian internal depression. Modernization of natural science education and natural sciences in the context of digitalization*, December 6–7, 2023. Czestochowa, the Republic of Poland. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. 52 p. P. 38–41.

26. Ігнатишин В., Іжак Т., Молнар Д. С. С., Рац А. Метеорологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину за

2021 рік. *Acta Academiae Beregsasiensis Geographica et Recreatio*. 2024. № 1. С. 32–47.

27. Ігнатишин В., Іжак Т., Молнар Д С.С. Радіоактивний фон середовища та сучасні рухи кори в Закарпатському внутрішньому прогині: сейсмічний аспект. *Acta Academiae Beregsasiensis Geographica et Recreatio*. 2024. № 2. С. 58–68.

28. Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар Д С.С., Рац А., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Варіації астрофізичних параметрів та сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2022 рік. *Екологічні науки : науково-практичний журнал / гол. ред. О. Бондар*. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2024. № 1 (52). Т. 1. 236 с. С. 42–51. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/52-1-2024>

29. Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар Д С.С., Рац А., Ігнатишин А. Дослідження змін параметрів магнітного поля та поля деформацій у сейсмонебезпечних регіонах. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024. № (3). С. 48–58. DOI: 10.32782/2786-5843/2024-3-6

30. Ігнатишин В., Іжак Т., Молнар Д С.С. Електромагнітна емісія середовища як реакція на сеймотектонічні процеси в сейсмогенеруючих регіонах. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024. № 4. С. 35–46.

Information about the author:

Ihnatyshyn Vasyl,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Research Fellow at the Department of Seismicity
of the Carpathian Region

S.I. Subbotin Institute of Geophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine

27, Yaroslavenka Street, Lviv, Ukraine;
Associate Professor at the Department of Geography and Tourism
Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian University
6, Kossuth Square, Berehove, Ukraine